



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001228307 A**(43) Date of publication of application: **24.08.2001**

(51) Int. Cl. **G02B 5/00**
G03B 9/02, G03B 9/08

(21) Application number: **2000040147**(22) Date of filing: **17.02.2000**(71) Applicant: **CANON INC**(72) Inventor: **TSUBOI TAKAYUKI****ONUKE ICHIRO****NOTO GORO****KAWANAMI EIRISHI**

(54) **OPTICAL ELEMENT, OPTICAL SYSTEM WITH
 DIAPHRAGM OR SHUTTER BUILT IN LENS
 ELEMENT AND PHOTOGRAPHING UNIT**

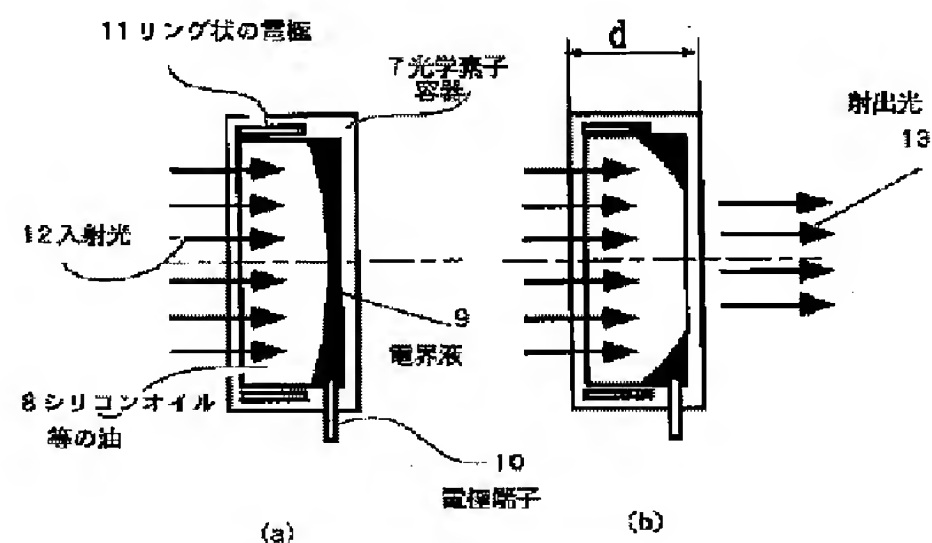
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element capable of efficiently controlling the quantity of transmitted light by a simple structure by utilizing electro-wetting phenomenon, capable of attaining further enhancement of light transmittance and miniaturization and suitable for an ND filter, an apodization filter or the like, an optical system with a diaphragm or the like built in a lens element and a photographing unit.

SOLUTION: The optical element which controls the quantity of transmitted light of luminous flux has 1st and 2nd liquids having mutually different transmittances sealed in a container in such a way that the interface between the liquids forms a prescribed shape.

When voltage is applied between the liquids through an electrode formed at a part which does not block the passage of the luminous flux, the shape of the interface is changed by controlling the output of the voltage to vary the quantity of transmitted light of the passing luminous flux.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)		
G 0 2 B	5/00	G 0 2 B	5/00	A	2 H 0 4 2
G 0 3 B	9/02	G 0 3 B	9/02	E	2 H 0 8 0
	9/08		9/08	E	2 H 0 8 1

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-40147(P2000-40147)

(22) 出願日 平成12年2月17日 (2000.2.17)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 坪井 孝之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 大貫 一朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100105289

弁理士 長尾 達也

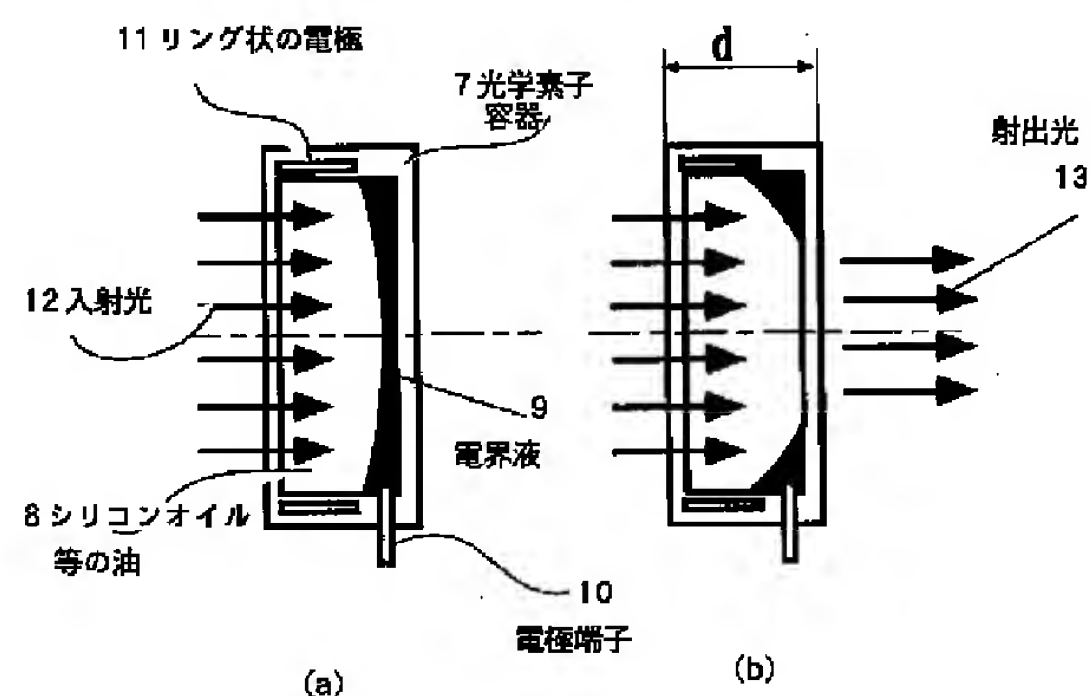
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子、絞り又はシャッターをレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 エレクトロウエッチング現象を利用して、簡単な構成で効率よく光透過量を制御することができると共に、さらなる光透過率の向上及び小型化を図ることのできるNDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ等に好適な光学素子、絞り等をレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を提供する。

【解決手段】 光束の透過量を制御する光学素子であって、異なった透過率を有する第1及び第2の液体の界面が所定の形状をなした状態でこれらの液体を容器内に密閉し、前記光束の通過の妨げとならない部位に形成された電極を介してこれらの液体間に電圧を印加するに当たり、印加する電圧の出力を制御して前記界面形状を変化させることにより、通過する光束の透過量を変化させるように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光束の透過光量を制御する光学素子であって、屈折率が実質的に等しく、互いに混合することのない導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と異なった透過率を有する第2の液体とを備え、該第1及び第2の液体の界面が所定の形状をなした状態でこれらの液体を容器内に密閉し、前記光束の通過の妨げとならない部位に形成された電極を介してこれらの液体間に電圧を印加するに当たり、印加する電圧の出力を制御して前記界面形状を変化させることにより、通過する光束の透過光量を変化させる構成を有することを特徴とする光学素子。

【請求項2】 前記電極が、第1の電極と前記第1の液体から絶縁された第2の電極とからなり、該第1の電極が前記容器の側面側から前記第1の液体に導通するように設けられると共に、前記第2の電極が前記容器の側面側に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】 前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする請求項2に記載の光学素子。

【請求項4】 前記容器の側面が、前記第1及び第2の液体の界面が略フラットの形状をなした状態でこれらの液体を容器内に密閉できるように、光軸に対して所定角度傾いた側面を有していることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項5】 前記第1の液体部分の非通電時の光軸方向の厚さが、0.1mm～0.5mmの厚さとされていることを特徴とする請求項4に記載の光学素子。

【請求項6】 前記第2の電極が、前記容器の所定角度傾いた側面に設けられていることを特徴とする請求項4または請求項5に記載の光学素子。

【請求項7】 前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする請求項6に記載の光学素子。

【請求項8】 前記第1の液体の光軸上の光路長と第2の液体の光軸上の光路長が、前記印加電圧の出力に応じて変化することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項9】 前記第1の液体の単位光路長当たりの光線透過率が、第2の液体の単位光路長当たりの光線透過率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸方向の光路長が前記光軸からの距離に応じて増大することを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項10】 前記第1の液体の単位光路長当たりの光線透過率が、第2の液体の単位光路長当たりの光線透過率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸上の光路長が印加電圧の出力に応じて、ゼロから有限寸法の間を変化することを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項11】 前記第2の液体の単位光路長当たりの光線透過率が、第1の液体の単位光路長当たりの光線透過率より小さく、かつ第2の液体の前記光軸方向の光路長が前記光軸からの距離に応じて減少することを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項12】 前記他方の液体に比して低い光透過率を有する溶液の存在する側の光学面を曲面としたことを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の光学素子。

【請求項13】 レンズ素子によって被写界の像を撮像手段に結像させ、絞り又はシャッターによって前記撮像手段への結像性能を高め、あるいは適性露光量を制御するようにした光学系において、前記絞り又はシャッターを前記レンズ素子に内蔵するようにしたことを特徴とする光学系。

【請求項14】 レンズ素子によって被写界の像を撮像手段に結像させ、絞り又はシャッターによって前記撮像手段への結像性能を高め、あるいは適性露光量を制御するようにした光学系において、前記絞り又はシャッターを請求項1～12のいずれか1項に記載の光学素子によって構成し、該絞り又はシャッターを前記レンズ素子に内蔵するようにしたことを特徴とする光学系。

【請求項15】 被写体像を形成する撮影光学系と、該撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子と、前記被写体像を記録する撮像手段とを有する撮影装置において、前記撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子が請求項1～12のいずれか1項に記載の光学素子によって構成されていることを特徴とする撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学系を通過する光束の透過光量を制御する光学素子、いわゆる光学フィルタと、該光学素子を用いた撮影装置に関するものであり、特に、小型化を図ることができ、簡単な構成で効率よく光透過光量を制御することができ、可変NDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ、周辺光量低下を補正するフィルタ等に好適な光学素子、絞り又はシャッターをレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置の実現を目指すものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、スチルカメラ、ビデオカメラ等の撮影装置に用いられる撮影光学系においては、焦点調節、光量調節、自然なボケ味、像面の光量分布が均一等の機能が要求される。これらの機能のうち、まず光量調節に関しては、一般に複数枚の可動羽根からなる絞り機構が用いられる。しかし、この機械式絞り機構はメカニカル駆動部が必要で機器が大型化し、また開口部を小さくした小絞り状態下では光線の回折が生じて結像した画像の解像力が低下するという欠点がある。

【0003】このような欠点を解消するため、液晶材料やエレクトロクロミック材料を用いた透過率可変素子、いわゆる可変ND (Neutral Density) フィルタが提案されている。例えば特開平3-87816号公報では、透過光の色の偏りを防止したエレクトロクロミック製の光変調素子が提案されている。また、特開平7-5497号公報では、溶液中の銀を自在に析出及び溶解することで、可変NDフィルタを実現する技術が開示されている。また、特開平7-128635号公報では、濃度可変な液晶フィルタを用いて光電変換装置に入射する光量を調節する技術が開示されている。また、自然なボケ味を実現するための技術として、特開平9-236740号公報において、光吸収係数の大きな平凹レンズと光吸収係数の小さな凸平レンズを組み合わせたアポダイゼーションフィルタの技術が開示されている。また、結像面の周辺光量低下（周辺光量落ちともいう）を補正するための技術として、特開平9-15681号公報において、中心部ほど濃度が高く、かつ濃度制御可能な液晶製可変NDフィルタ内蔵の光量調節技術が開示されている。また、電気毛管現象（エレクトロウエッティング現象）を用いた可変焦点レンズが、WO99/18456にて開示されている。当技術を用いると、電気エネルギーを直接レンズの形状変化に用いることができるため、レンズを機械的に移動させることなく焦点調節が可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しながら、上記した従来例のものにおいては、つぎのような点に問題点を有している。例えば、特開平3-87816号公報では、エレクトロクロミック材料の化学変化による濃度変化を利用するため、応答速度が遅い。また、特開平7-5497号公報も同じく、銀塩溶液の化学変化による濃度変化を利用するため、応答速度が遅い。また、特開平7-128635号公報では液晶フィルタを用いているが、液晶フィルタは一般に偏光板を必要とし、そのために最大透過率がかなり低くなる。また、特開平9-236740号公報では、固体レンズの組み合わせでアポダイゼーションフィルタを実現しているため、アポダイゼーション効果を変えられない。また、特開平9-15681号公報では、液晶フィルタを用いているため、特開平7-128635号公報と同様に偏光板による透過率低下の欠点がある。また、WO99/18456では、電気毛管現象（エレクトロウエッティング現象）を用い光学パワーを可変とする技術が開示されているが、透過光量を制御するNDフィルタとして用いる技術については、全く開示されていない。

【0005】これに対して、本出願人は、既に特願昭11-169657号において、電気毛管現象（エレクトロウエッティング現象）を用いて、透過光量を制御できる可変NDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ、周

辺光量低下を補正するフィルタ等を提案している。これによると、小型化を図ることができ、簡単な構成で効率よく光透過光量を制御することができ、可変NDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ、周辺光量低下を補正することのできるフィルタ等に好適な光学素子および撮影装置を実現することができるが、さらなる小型化、例えば結像レンズに内蔵させるための小型化、或はさらなる光透過率の向上等を図る上で、未だ改良の余地のあるものである。

【0006】そこで、本発明は、上記課題を解決し、エレクトロウエッティング現象を利用して、簡単な構成で効率よく光透過光量を制御することができると共に、さらなる光透過率の向上及び小型化を図ることのできるNDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ、周辺光量低下を補正するフィルタ等に好適な光学素子、絞り又はシャッターをレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記課題を達成するため、つぎの（1）～（15）のように構成した光学素子、絞り又はシャッターをレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を提供するものである。

（1）光束の透過光量を制御する光学素子であって、屈折率が実質的に等しく、互いに混合することのない導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と異なった透過率を有する第2の液体とを備え、該第1及び第2の液体の界面が所定の形状をなした状態でこれらの液体を容器内に密閉し、前記光束の通過の妨げとならない部位に形成された電極を介してこれらの液体間に電圧を印加するに当たり、印加する電圧の出力を制御して前記界面形状を変化させることにより、通過する光束の透過光量を変化させる構成を有することを特徴とする光学素子。

（2）前記電極が、第1の電極と前記第1の液体から絶縁された第2の電極とからなり、該第1の電極が前記容器の側面側から前記第1の液体に導通するように設けられると共に、前記第2の電極が前記容器の側面側に設けられていることを特徴とする上記（1）に記載の光学素子。

（3）前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする上記（2）に記載の光学素子。

（4）前記容器の側面が、前記第1及び第2の液体の界面が略フラットの形状をなした状態でこれらの液体を容器内に密閉できるように、光軸に対して所定角度傾いた側面を有していることを特徴とする上記（1）に記載の光学素子。

（5）前記第1の液体部分の非通電時の光軸方向の厚さが、0.1mm～0.5mmの厚さとされていることを特徴とする上記（4）に記載の光学素子。

(6) 前記第2の電極が、前記容器の所定角度傾いた側面に設けられていることを特徴とする上記(4)または上記(5)に記載の光学素子。

(7) 前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする上記(6)に記載の光学素子。

(8) 前記第1の液体の光軸上の光路長と第2の液体の光軸上の光路長が、前記印加電圧の出力に応じて変化することを特徴とする上記(1)～(7)のいずれかに記載の光学素子。

(9) 前記第1の液体の単位光路長当たりの光線透過率が、第2の液体の単位光路長当たりの光線透過率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸方向の光路長が前記光軸からの距離に応じて増大することを特徴とする上記(1)～(8)のいずれかに記載の光学素子。

(10) 前記第1の液体の単位光路長当たりの光線透過率が、第2の液体の単位光路長当たりの光線透過率より小さく、かつ第1の液体の前記光軸上の光路長が印加電圧の出力に応じて、ゼロから有限寸法の間を変化することを特徴とする上記(1)～(8)のいずれかに記載の光学素子。

(11) 前記第2の液体の単位光路長当たりの光線透過率が、第1の液体の単位光路長当たりの光線透過率より小さく、かつ第2の液体の前記光軸方向の光路長が前記光軸からの距離に応じて減少することを特徴とする上記(1)～(8)のいずれかに記載の光学素子。

(12) 前記他方の液体に比して低い光透過率を有する溶液の存在する側の光学面を曲面としたことを特徴とする上記(1)～(11)のいずれかに記載の光学素子。

(13) レンズ素子によって被写界の像を撮像手段に結像させ、絞り又はシャッターによって前記撮像手段への結像性能を高め、あるいは適性露光量を制御するようにした光学系において、前記絞り又はシャッターを前記レンズ素子に内蔵するようにしたことを特徴とする光学系。

(14) レンズ素子によって被写界の像を撮像手段に結像させ、絞り又はシャッターによって前記撮像手段への結像性能を高め、あるいは適性露光量を制御するようにした光学系において、前記絞り又はシャッターを上記(1)～(12)のいずれかに記載の光学素子によって構成し、該絞り又はシャッターを前記レンズ素子に内蔵するようにしたことを特徴とする光学系。

(15) 被写体像を形成する撮影光学系と、該撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子と、前記被写体像を記録する撮像手段とを有する撮影装置において、前記撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子が上記(1)～(12)のいずれかに記載の光学素子によって構成されていることを特徴とする撮影装置。

(16) 被写体像を形成する撮影光学系と、該撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子と、前記被写体像を記録する撮像手段とを有する撮影装置において、前記撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子が上記(1)～(12)のいずれかに記載の光学素子によって構成されていることを特徴とする撮影装置。

(17) 被写体像を形成する撮影光学系と、該撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子と、前記被写体像を記録する撮像手段とを有する撮影装置において、前記撮影光学系を通過する光束の透過光量を変化させる光学素子が上記(1)～(12)のいずれかに記載の光学素子によって構成されていることを特徴とする撮影装置。

【0008】

【発明の実施の形態】本実施の形態で開示する光学素子あるいは撮影装置は、上記した構成を用いることにより、可変NDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ、周辺光量低下を補正するフィルタ等に好適な光学素子、絞り又はシャッターをレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を実現することができる。例えば、上記

(1)～(3)の構成を用いて、電極を光の通過しない面に設けることにより、印加電圧の出力制御による海面形状の変化によって第1及び第2の液体による光線吸収状態を変化させ、通過する光束の透過光量を制御するに際して、光の透過率を向上させ、効率の良い光学素子を構成することが可能となる。また、上記(4)～(7)の構成を用いることにより、液体の光軸方向の厚さを薄くした状態で容器内に密閉することが可能となり、さらなるコンパクト化を図ることができる。また、上記(8)の構成を用いることにより、光線吸収能率の異なる2つの液体の光路長変化により、通過する光束の透過光量を変化させることができ、これによってメカニカルな絞り機構が廃止でき、小型で安価な撮影装置を構成することが可能となる。また、上記(9)の構成を用いることにより、通過する光束の透過光量が光軸からの距離（以下これを入射高と記す。）に応じて減少し、かつ給電手段の出力に応じて前記光量の減少程度を変化させることができ、これによって効果可変なアポダイゼーションフィルタを実現でき、高品位画像を取得可能な撮影装置を得ることが可能となる。また、上記(10)の構成を用いることにより、光線吸収能率の大きな液体の光路長が大きく変化し、光束を透過状態と遮断状態とに切り換えることができ、これによってメカニカルなシャッター機構が廃止でき、小型で安価な撮影装置を構成することが可能となる。また、上記(11)の構成を用いることにより、通過する光束の透過光量が光軸からの距離、すなわち入射高に応じて増加し、かつ給電手段の出力に応じて前記光量の増加程度を変化させることができ、これによって撮影光学系の周辺光量低下を軽減でき、高品位画像を取得可能な撮影装置を得ることが可能となる。

【0009】ところで、上記した構成は、電気毛管現象（エレクトロウエッティング現象）を用いて、透過光量を制御できるようにした前述の本出願人による光学素子（特願昭11-169657号）の原理構成に基づき、それを改良したものである。したがって、上記した構成はこの原理構成を前提とするものであるから、その詳細の理解のため、まず、この原理構成を図6を用いて説明する。

【0010】図6において、101は光学素子全体を示し、102は中央に凹部を設けた透明アクリル製の透明基板である。透明基板102の上面には、酸化インジウムスズ製の透明電極（ITO）103がスパッタリングで形成され、その上面には透明アクリル製の絶縁層104が密着して設けられる。絶縁層104は、前記透明電

極103の中央にレプリカ樹脂を滴下し、ガラス板で押しつけて表面を平滑にした後、UV照射を行ない硬化させて形成する。絶縁層104の上面には、遮光性を有した円筒型の容器105が接着固定され、その上面には透明アクリル製のカバー板106が接着固定され、更にその上面には中央部に直径D3の開口を有した絞り板107が配置される。以上の構成において、絶縁層104、容器105及び上カバー106で囲まれた所定体積の密閉空間、すなわち液室を有した筐体が形成される。そして液室の壁面には、以下に示す表面処理が施される。

【0011】まず、絶縁層104の中央上面には、直径D1の範囲内に撥水处理剤が塗布され、撥水膜111が形成される。撥水处理剤は、フッ素化合物等が好適である。また、絶縁層104上面の直径D1より外側の範囲には、親水处理剤が塗布され、親水膜112が形成される。親水剤は、界面活性剤、親水性ポリマー等が好適である。一方、カバー板106の下面には、直径D2の範囲内に親水处理が施され、前記親水膜112と同様の性質を有した親水膜113が形成される。そしてこれまでに説明したすべての構成部材は、光軸123に対して回転対称形状をしている。更に、容器105の一部には孔があげられ、ここに棒状電極125が挿入され、接着剤で封止されて前記液室の密閉性を維持している。そして透明電極103と棒状電極125には給電手段126が接続され、スイッチ127の操作で両電極間に所定の電圧が印加可能になっている。

【0012】以上の構成の液室には、以下に示す2種類の液体が充填される。まず絶縁層104上の撥水膜111の上には、第2の液体122が所定量だけ滴下される。第2の液体122は無色透明で、比重0.85、室温での屈折率1.38のシリコンオイルが用いられる。一方、液室内の残りの空間には、第1の液体121が充填される。第1の液体121は、水とエチルアルコールが所定比率で混合され、更に所定量の食塩が加えられた、比重0.85、室温での屈折率1.38の電解液である。更に第1の液体121には無彩色の水溶性染料、例えばカーボンブラックや、酸化チタン系の材料が加えられる。すなわち、第1及び第2の液体は、比重と屈折率が等しく、光線吸収能率が異なり、かつ互いに不溶の液体が選定される。そこで両液体は界面124を形成し、混じりあわずに各々が独立して存在する。

【0013】次に前記界面の形状について説明する。まず、第1の液体に電圧が印可されていない場合、界面124の形状は、両液体間の界面張力、第1の液体と絶縁層104上の撥水膜111あるいは親水膜112との界面張力、第2の液体と絶縁層104上の撥水膜111あるいは親水膜112との界面張力、及び第2の液体の体積で決まる。当実施例においては、第2の液体122の材料であるシリコンオイルと、撥水膜111との界面張力が相対的に小さくなるように材料選定されている。す

なわち両材料間の濡れ性が高いため、第2の液体122が形成するレンズ状液滴の外縁は広がる性向を持ち、外縁が撥水膜111の塗布領域に一致したところで安定する。すなわち第2の液体が形成するレンズ底面の直径A1は、撥水膜111の直径D1に等しい。一方両液体の比重は前述のごとく等しいため、重力は作用しない。そこで界面124は球面になり、その曲率半径及び高さh1は第2の液体122の体積により決まる。また、第1の液体の光軸上の厚さはt1になる。

【0014】一方、スイッチ127が閉操作され、第1の液体121に電圧が印可されると、電気毛管現象によって第1の液体121と親水膜112との界面張力が減少し、第1の液体が親水膜112と疎水膜122の境界を乗り越えて疎水膜122内に侵入する。その結果、図7のごとく、第2の液体が作るレンズの底面の直径はA1からA2に減少し、高さはh1からh2に増加する。また、第1の液体の光軸上の厚さはt2になる。このように第1の液体121への電圧印加によって、2種類の液体の界面張力の釣り合いが変化し、両液体間の界面の形状が変わる。

【0015】ここで、第2の液体は実質上透明であるが、第1の液体は添加された光吸収性材料のために所定の光線吸収能率を有する。そこで、絞り板107の開口から光束を入射させると、該光束が通過する第1の液体の光路長に応じた分だけ光線が吸収され、透明基板102から射出する光束の強度は低下する。すなわち光強度の低下率は第1の液体の光軸上の厚さ（図6のt1あるいは図7のt2）に比例するため、給電手段126の電圧制御によって界面123の形状を変えることにより、透過光量を自在に変えられる光学素子可以实现できる。また、第1及び第2の液体の屈折率を等しくしているため、入射した光束はその方向を変えずに射出光の強度のみが変えられる。

【0016】図8は当光学素子を可変NDフィルタとして用いる場合の動作を更に詳しく説明するための図である。図8(a)は、光学素子101に接続された給電手段126の出力電圧が、ゼロあるいは非常に低いV1の場合を示す。この時の界面124の形状は図6に示したものと同等で、第2の液体122が形成するレンズの底面の直径はA1、高さはh1である。また、第1の液体の光軸上の厚さはt1である。L_{IN}は光学素子101の上方から照射され、絞り107の開口部に入射する光束、L_{OUT}は光学素子101から射出される光束である。そして光束L_{IN}に対するL_{OUT}の比が光学素子101の透過率になるが、第1の液体の光軸上の厚さt1が大きいため、透過率は低くなる。また、射出光束L_{OUT}の光量分布は、光軸からの距離、すなわち入射高が大きいほど光量が少なくなるが、液体122が形成するレンズ底面の直径A1に対して、絞り107の開口直径D3を小さくしているので、射出光束L_{OUT}の光

量分布は略均一と見なせる。

【0017】図8（b）は、給電手段126の出力電圧が、V1より大きなV2の場合を示す。この時、第2の液体122が形成するレンズの底面の直径はA2、高さはh2である。また、第1の液体の光軸上の厚さは同図（a）のt1より小さなt2である。そこで光束の透過率は同図（a）の場合より大きくなる。図8（c）は、給電手段126の出力電圧が、V2より更に大きなV3の場合を示す。この時、第2の液体122が形成するレンズの底面の直径はA3に縮まり、界面124の頂上はカバー板106の下面に形成された親水膜113に接触して平坦となる。そしてこの平坦部の直径は絞り107の開口部の直径D3に等しいか、D3より大きい。その結果、第1の液体の光軸上の厚さはゼロになるため、透過率は同図（b）の場合より更に大きくなる。その後、給電手段126の出力電圧を更に上昇させても、絞り107の開口部内側の界面124の形状は変わらないため、当光学素子を可変NDフィルタとして用いた場合の透過率は一定のままである。この時の透過率は、透明基板102、透明電極103、絶縁層104、撥水膜111、第2の液体122、親水膜113、カバー板106の透過率の積で表わされる。なお、同図（c）の状態から給電手段126の印可電圧をV1に戻すと、両液体の界面張力が元に戻る。この時、第1の液体121と親水膜113との濡れ性は良く、第2の液体122と親水膜113との濡れ性は悪いため、第2の液体は親水膜113から離れて同図（a）の状態に復帰する。すなわち、当光学素子の界面124の形状変化は、印可電圧の変化に対して可逆である。

【0018】図9は、光学素子101に印可される電圧に対する光学素子101の光線透過率の関係を表わしたものである。印可電圧の増加に伴い、透過率も上昇し、印可電圧がV3に達したところで透過率は飽和する。

【0019】図10は、光学素子101を撮影装置に応用したものである。当実施例では、撮影装置141は静止画像を撮像手段で電気信号に光電変換し、これをデジタルデータとして記録する、いわゆるデジタルスチルカメラを例として説明する。130は複数のレンズ群からなる撮影光学系で、第1レンズ群131、第2レンズ群132、第3レンズ群133で構成される。第1レンズ群131の光軸方向の進退で、焦点調節がなされる。第2レンズ群132の光軸方向の進退で、ズーミングがなされる。第3レンズ群133は移動しないリレーレンズ群である。そして、第2レンズ群132と第3レンズ群133の間に光学素子101が配置される。撮影光学系130の焦点位置（予定結像面）には、撮像手段134が配置される。これは照射された光エネルギーを電荷に変換する複数の光電変換部、該電荷を蓄える電荷蓄積部、及び該電荷を転送し、外部に送出する電荷転送部からなる2次元CCD等の光電変換手段が用いられる。

【0020】142は撮影装置全体の動作を制御する中央演算処理装置（以下CPUと略す）で、ROM、RAM、EEPROM、A/D変換機能、D/A変換機能を有する1チップマイコンである。143はCPU142や撮影装置内の各種回路、アクチュエータに電力を供給する電源である。144は光学素子101へ電圧を印可するための給電手段で、図6の給電手段126に相当する。給電手段144は、CPU142からの制御信号に応じて所望の電圧を出力する。145は画像信号処理回路で、光電変換手段135から入力したアナログの画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、γ補正、エッジ強調等の画像処理を施す。

【0021】151は液晶ディスプレイ等の表示器で、光電変換手段134で取得した被写体像や、撮影装置の動作状況を表示する。152は操作スイッチ群で、CPU142をスリープ状態からプログラム実行状態に起動するメインスイッチ、撮影準備スイッチ、撮影開始スイッチ、シャッター秒時等を設定する撮影条件設定スイッチ等で構成される。153はズーム駆動手段で、第2レンズ群132を光軸方向に進退させるアクチュエータとドライバ回路を含み、撮影者のズームスイッチ操作に応じて変倍動作を行ない、撮影光学系130の焦点距離を変える。154は焦点検出手段で、一眼レフカメラに用いられる位相差検出式焦点検出手段等が好適である。155はフォーカス駆動手段で、第1レンズ群131を光軸方向に進退させるアクチュエータとドライバ回路を含み、前記焦点検出手段154で演算したフォーカス信号に基づいてフォーカス動作を行ない、撮影光学系130の焦点状態を調節する。156はメモリ手段で、撮影された画像信号を記録する。具体的には、着脱可能なPCカード型のフラッシュメモリ等が好適である。

【0022】次に当実施例における光学素子101の作用を説明する。自然界に存在する被写体の輝度のダイナミックレンジは非常に大きく、これを所定範囲に収めるために、通常は撮影光学系内部に機械式絞り機構を有し、撮影光束の光量を調節している。しかしながら、機械式絞り機構は小さくする事は困難で、かつ絞り開口部が小さい小絞り状態では、絞り羽根端面による光線の回折現象で、被写体像の解像力が低下する。そこで当実施例では、光学素子101を前記機械式絞り機構を代用する可変NDフィルタとして用いることで、上記欠点を生ずること無く、撮影光学系を通過する光量を適切に調節する。

【0023】図11は、図10に示した撮影装置141が有するCPU142の制御フロー図である。以下、図10及び図11を用いて撮影装置141の制御フローを説明する。ステップS101を経由して、ステップS102では、撮影者によりメインスイッチがオン操作されたか否かを判別し、オン操作されていない時はステップS102に留まる。ステップS102でメインスイッチ

がオン操作されたと判定されたら、CPU142はスリープ状態から脱してステップS103以降を実行する。ステップS103では、撮影者による撮影条件の設定を受け付ける。具体的には、撮影者は表示器151と操作スイッチ群152を用いて、露出制御モード（シャッター優先AE、プログラムAE等）、オートフォーカスモード（ワンショットAF、コンティニユアスAF等）、ドライブモード（単写、連写等）、画質モード（記録画素数の大小、画像圧縮率の大小等）等を設定する。

【0024】ステップS104では、撮影者による撮影準備スイッチ（フロー図では、SW1と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はステップS103に戻り、撮影条件の設定を繰り返し受け付ける。ステップS104で撮影準備スイッチがオン操作されたと判定されたら、ステップS104から脱してステップS111以降を実行する。

【0025】ステップS111では、撮像手段134及び信号処理回路145を駆動して、プレビュー画像を取得する。プレビュー画像とは、最終記録用画像の撮影条件を適切に設定するため、及び撮影者に撮影構図を把握させるために撮影前に取得する画像である。ステップS112では、ステップSで取得したプレビュー画像の受光レベルを認識する。具体的には、撮像手段134が出力する画像信号において、最高、最低及び平均の出力信号レベルを演算し、撮像手段134に入射する光量を認識する。

【0026】ステップS113では、前記ステップS112で判定した受光量が適正か否かを判別する。そして当ステップで適正と認識されたら、ステップS114に進む。ステップS114では、ステップS111で取得したプレビュー画像を表示器151に表示する。続いてステップS115では、焦点検出手段154を用いて撮影光学系130の焦点状態を検出する。続いてステップS116では、フォーカス駆動手段155により、第1レンズ群131を光軸方向に進退させて合焦動作を行なう。その後、ステップS117に進み、撮影スイッチ（フロー図では、SW2と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はステップS111に戻り、プレビュー画像の取得からフォーカス駆動までのステップを繰り返し実行する。

【0027】一方ステップS113において、前記ステップS112で判定した受光量が適正でないと判別されたら、ステップS121にジャンプする。ステップS121では、実際の受光量と適正な受光量を比較し、撮影光学系130内の光学素子101の適正透過率を演算する。ステップS122では、前記ステップS121で演算した適正透過率を得るための制御電圧を演算する。具体的には、CPU142のROMには、図9に示した印可電圧に対する透過率の関係がルックアップテーブルとして記憶されているので、該テーブルを参照し、ステッ

プS121で演算した透過率に対する印可電圧を求め、ステップS123では、前記ステップS122で求めた電圧が光学素子101に印可されるよう、給電手段144の出力電圧を制御する。ステップS123実行後はステップS111に戻り、撮像手段134に入射する光量が適正になるまで、プレビュー画像の取得から給電手段制御までのステップを繰り返し実行する。そして撮像手段134に入射する光量が適正になると、ステップS113からステップS114に移行する。

【0028】以上のごとく、撮影準備動作を繰り返し実行している最中に、撮影者が撮影スイッチをオン操作すると、ステップS117からステップS131にジャンプする。ステップS131では撮像を行なう。すなわち撮像手段134上に結像した被写体像を光電変換し、光学像の強度に比例した電荷が各受光部近傍の電荷蓄積部に蓄積される。ステップS132では、ステップS131で蓄積された電荷を電荷転送ラインを介して読み出し、読み出しされたアナログ信号を信号処理回路145に入力させる。ステップS133では、信号処理回路145において、入力したアナログ画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、γ補正、エッジ強調等の画像処理を施し、さらに必要に応じてCPU142内に記憶された画像圧縮プログラムでJPEG圧縮等を施す。ステップS134では、上記ステップS133で得られた画像信号をメモリ156に記録し、ステップS135にて撮影動作が終了する。

【0029】以上の説明から明らかなように、上記した原理構成によれば、光学素子への印可電圧を制御することで、光束透過率を所望の値に制御可能なNDフィルタを得ることができる。また、この光学素子を撮影光学系の機械式絞り機構の代わりに用いることで、絞り羽根や絞り開口制御機構等のメカニカル手段を廃止でき、かつ撮像手段に入射する光量を連続的に制御できるため、撮影装置の小型化及び高性能化が達成できる。前述の本出願人による特願昭11-169657号の発明は、このような原理構成に基づくものであるが、前述したように、さらなる小型化、例えば結像レンズに内蔵させるための小型化、或はさらなる光透過率の向上等を図る上で、未だ改良の余地があり、本発明はこれらを上記構成によって改良したものである。

【0030】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する。

〔実施例1〕本発明の実施例1の光学系に用いられる光学素子の構成を図1を用いて説明する。図1において、7は前述した原理図において説明したと同様の、以下の液体を封止した容器で絶縁体でできており、図中左右方向（光の入射出方向）は透明に出来ている。8は容器7に封止された第2の液体でここでは透明なシリコンオイルで構成されている。9は容器7に封止された可視光に対して遮光性のある第1の液体で食塩を溶した水の様な

電解液で構成され中にカーボン粒子が混ぜられている。
10は電解液9に外部から電位をかける為の電極で不図示のコントロール回路に連結されており前述したようなプラス、マイナス200V程度の交流電界がかけられる。

【0031】11は絶縁体の中に埋め込まれたリング状の第二の電極で同じく不図示のコントロール回路に連結されており 前述したようなプラス、マイナス200V程度の交流電界が前述の電極10とは逆極性の位相でかけられる。12は光束で図1(a)の状態では 第二の液体9により遮光されて光は本デバイスを通過できないようになっているが(b)の状態では遮光性のある第二の液体が電界により外側へ押しやられる事から透過光13が図中右方向へ出力されている。

【0032】上記構成において、前述したように図1(a)の非通電状態からカメラの絞り、シャッター装置を開ける為に不図示のコントロール回路が電極10、及び11に交流通電を始めると図1(b)の様に開口状態となる。この開口量は電極10、11にかかる電圧に係るから任意の光量の通過量を設定できる。

【0033】本実施例では、以上の光学素子を用い、絞り又はシャッターを形成し、結像レンズに内蔵させ、例えば図5に示されるようにシャッター、絞りを兼用したレンズ1aを構成し、結像面4に一番近い部分に配した。これにより、小型化および高性能化を達成することが可能な光学系を構成することができる。これを、図5を用いて、更に詳細に説明する。図5に示される光学系は、通常レンズシャッタータイプカメラに良く使われる凸凹2群タイプのズーム光学系で、不図示の公知のレンズ枠、カム筒、アクチュエーター、構造部材、制御手段により保持されていて(a)がワイド状態、(b)がテレ状態を示している。尚、図5には、後述の実施例3におけるシャッター、絞りを兼用したレンズ1aを用いた光学系が示されているが、その機能は、実施例3に限らず、本実施例においても基本的に変わらないものである。

【0034】図5において、1は凸、凹、凹、凸からなる全体として凸を構成している第1群レンズで上記したようにシャッター、絞りを兼用したレンズ1aを後述する結像面4に一番近い部分に有している。2はメニスカスレンズ、凹レンズからなる全体として凹レンズ群を構成する第2群レンズで、3はレンズ光軸、4はフィルムやCCDがあるべき結像面である。図中dで示しているのは1群、2群の空気間隔でこれを不図示のカム筒に形成したリードカムによって変化させる事により結像面4の位置をほとんど変化させずにあらかじめ決められたラインに1群レンズ1、及び2群レンズ2を移動させ図中左側にある被写界の結像倍率を変化させる、所謂ズームレンズを構成している。

【0035】図中破線で示す5は、従来のレンズユニッ

トには必要な絞り、シャッターユニットで6は1群レンズ1、及び絞り、シャッターユニット5を保持する従来のレンズ枠である。

【0036】図5から明らかなように、従来の絞り、シャッターユニット5が有ると図5(b)の様に1群1と2群2のレンズユニットを近づける事が出来ず、従ってズーム倍率が本実施例よりも明らかに劣る(ちなみにズーム倍率は1群レンズ1と2群レンズ2のレンズパワーと空気間隔変化、すなわち $d_w - d_t$ で決定される。)。

【0037】また、従来の絞り、シャッターユニットの光軸と直角方向のサイズ(通常外径と呼ぶ)も機械的の絞り羽根やシャッター羽根が開きあがる為の空間が大きくなり、従ってそれを収納する為のレンズ枠6の外径も大きなものが一般的であった。これに対して、実施例の構成によれば、図5(b)に示す d_t の様にテレ状態のレンズを極限まで近づけることが可能となり、従ってズーム倍率も従来に比べて大きく稼げることとなる。

【0038】[実施例2] 図2に、本発明の実施例2における光学素子の構成を示す。実施例1よりも更に液体の光軸方向の厚さを薄くした状態で容器内に密閉することを可能とし、さらなるコンパクト化を図ることができるようにしたものである。

【0039】図2(a)は図1と同様の原理構成による図であるがこの時、容器の側面と第1の液と第2の液の2液の交点である点Pに着目すると、この2液の境界面の接線 ϕ 方向に界面の状態が生成され、この状態から電極10、11に通電する事でこの界面の状態、 ϕ が増加する方向に変化する(ここで θ がいわゆる接触角で $\phi = 90^\circ - \theta$ の関係がある。)。

【0040】上記したユニットの厚みdに着目すると前記 ϕ が0になるような構成にすれば本実施例のユニットの厚みdは最も小さく(薄く)構成できることがわかる。このようなことから、容器の側面を角度 ϕ だけ傾けて7bの様に構成することにより、図2(b)に示すように厚みの薄いユニットを形成することができる。ここで、図2の点P部を拡大した図を図3に示す。図3においてtは水溶液側の厚みを示し、 $t = 0.1$ から 0.5 mmが、遮光性とユニットのコンパクトさを両立した好適な条件となる。また、 ϕ は図2(a)で示したような2つの溶液と容器の側面で決まる接触角に合わせた角度で2液の界面が図のごとく略平らになるよう構成され、リング状の電極11は容器側面より更にごくわずかの角度である δ 分だけ傾いて且つ限りなく容器の内側に近いように、例えば $10 \sim 30 \mu$ 程度に構成されている。また、図中破線で示される容器内面にはあらかじめ公知の撥水処理がなされ、水溶液9をはじくように構成されている。

【0041】以上の様な構成で前述の図10に示した給電手段144からの通電により、図2(c)の様に2液

の界面が変形し、図中下側からの光を上方に通過させるシャッター、絞りの役割を果たす。この時の開口径 Φ は、前述の給電手段144からの電圧に略比例することは既に前例で述べた。また、この状態で注目すべきは図2(c)の Φ で示す開口部のすぐ外側の部分で、ここは遮光の為の水溶液の薄さが限りなく薄い状態、すなわち、ほとんどの光は透過する状態から徐々に厚味を増して(透過光量を落として)、やがて完全な遮光状態となる点で、所謂、絞りの形状のエッジ部が光の回折を起こして結像画質を損なうことを防止するアポダイゼーション絞りを達成している。

【0042】[実施例3] 図4は、本発明の実施例3のシャッター、絞りを兼用したレンズの構成を示すものであり、実施例2の基本構成を用いて形成された絞り又はシャッターを、レンズ素子の中に内蔵させ、図5に示されるシャッター、絞りを兼用したレンズ1aを構成したものである。図4(a)には非通電状態で絞り、シャッターユニットが全閉してレンズを透過する光をシャットした状態、図4(b)は略半分絞り、シャッターユニットを開けて光を半分透過した状態、図4(c)は全部開口した状態を示す。

【0043】図4(b)の状態では 前述の例と同じ完全に(100%近く)透過する Φ で示す直径内の部分と、 $\Phi' \sim \Phi$ で示す実質的な半分透過部、それも内径側から外径側に沿って徐々に透過率が変化していく状態のアポダイゼーション絞りが実現できていて光学性能のアップに大きく貢献している。

【0044】本実施例においては、前述した実施例2に比べ絞り、シャッターユニットとしての大きさは若干大きくなるがレンズの機能の中に内蔵したことにより、トータルで更にコンパクトなユニットを実現することができる。

【0045】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、エレクトロウエッチング現象を利用して、簡単な構成で効率よく光透過光量を制御することができると共に、さらなる光透過率の向上及び小型化を図ることのできるNDフィルタ、アポダイゼーションフィルタ、周辺光量低下を補正するフィルタ等に好適な光学素子、絞り又はシャッターをレンズ素子に内蔵する光学系および撮影装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の光学系に用いる光学素子の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例2における光学素子の構成を示す図である。

【図3】図2の点P部を拡大した構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例3におけるシャッター、絞りを兼用したレンズの構成を示す図である。

【図5】本発明の実施例3におけるシャッター、絞りを

兼用したレンズを用いて構成した光学系を示す図である。

【図6】電気毛管現象(エレクトロウエッチング現象)を用いて、透過光量を制御できるようにした光学素子の原理構成を説明するための図である。

【図7】図6に示された光学素子に電圧を印可した時の動作を説明するための図である。

【図8】図6に示された光学素子を可変NDフィルタとして用いる場合の動作を説明するための図であり、(a)は出力電圧が、ゼロあるいは非常に低い場合、(b)は出力電圧が(a)より大きい場合、(c)は出力電圧が(b)より大きい場合を示す図である。

【図9】図6に示された光学素子に印可される電圧に対する光学素子の光線透過率の関係を表わした図である。

【図10】図6に示された光学素子を用いて撮影装置を構成した図である。

【図11】図10に示された撮影装置の制御フロー図である。

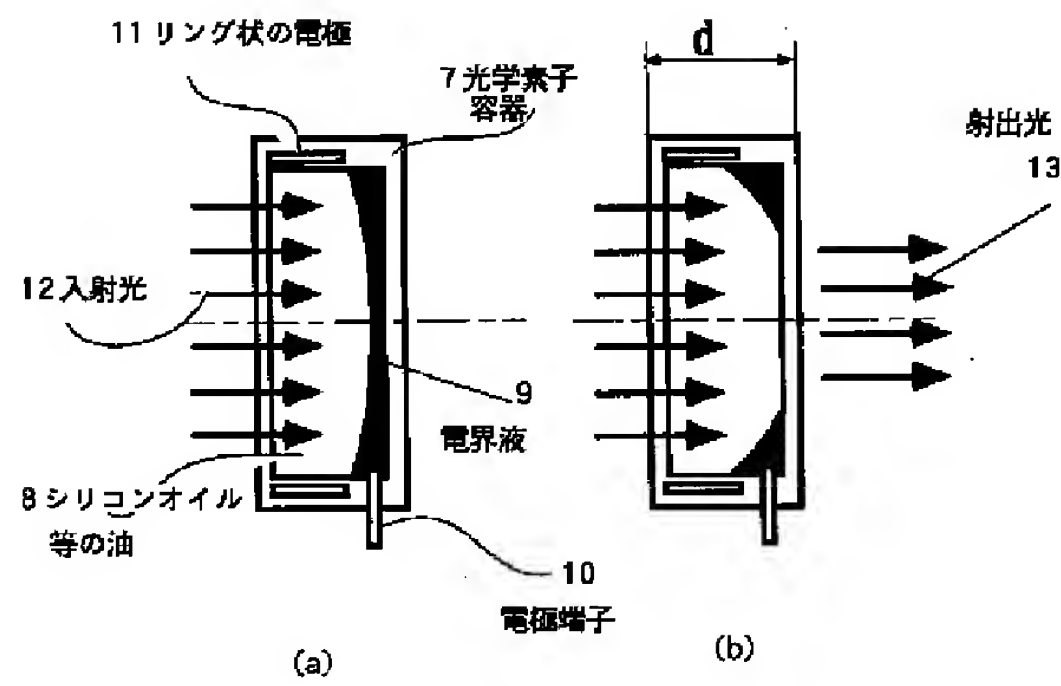
【符号の説明】

- 1・・・1群レンズ
- 2・・・2群レンズ
- 3・・・光軸
- 4・・・結像面
- 5・・・従来の絞り、シャッターユニット
- 6・・・従来の1群レンズ枠
- 7・・・光学素子容器
- 8・・・シリコンオイル等の油
- 9・・・カーボン粒子を混ぜた水溶液(電解液)
- 10・・・電極端子
- 11・・・リング状の電極
- 12・・・入射光
- 13・・・射出光
- 101、201、301、401・・・光学素子
- 102・・・透明基板
- 103・・・透明電極
- 104・・・絶縁層
- 107・・・絞り板
- 111・・・撥水膜
- 112・・・親水膜
- 113・・・親水膜
- 121、421・・・第1の液体
- 122、422・・・第2の液体
- 123・・・光軸
- 124・・・界面
- 125・・・棒状電極
- 126・・・給電手段
- 130、230、330、430・・・撮影光学系
- 134・・・撮像手段
- 235・・・フィルム
- 141、241、341、441・・・撮影装置

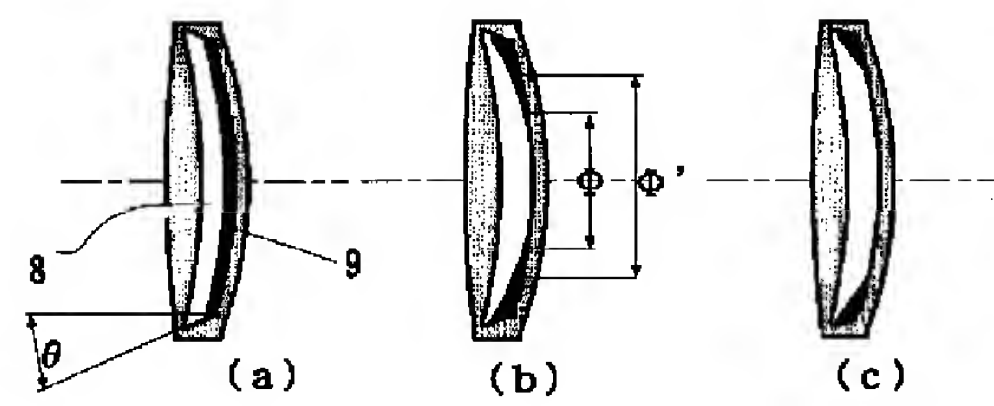
1 4 2、2 4 2、3 4 2、4 4 2・・・CPU
 2 3 4、4 3 4・・・機械式絞り機構
 1 4 4・・・給電手段

1 5 1、2 5 1・・・表示器
 1 5 2、2 5 2・・・操作スイッチ群

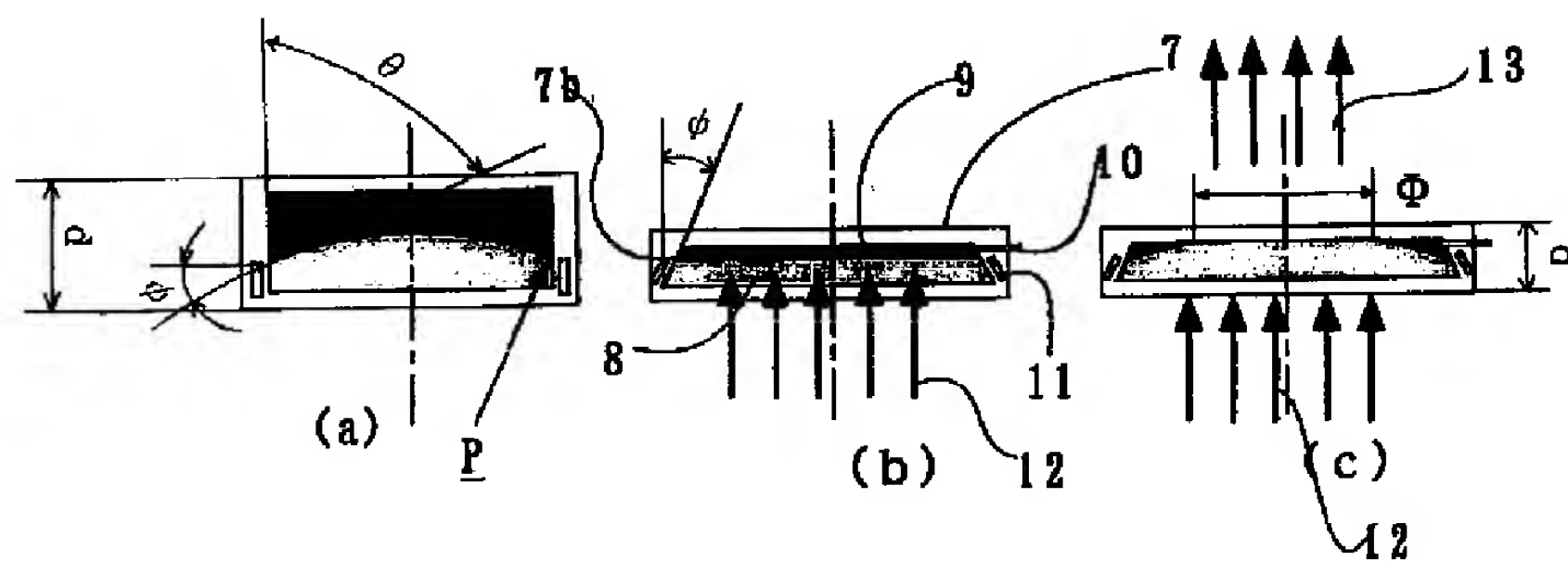
【図 1】



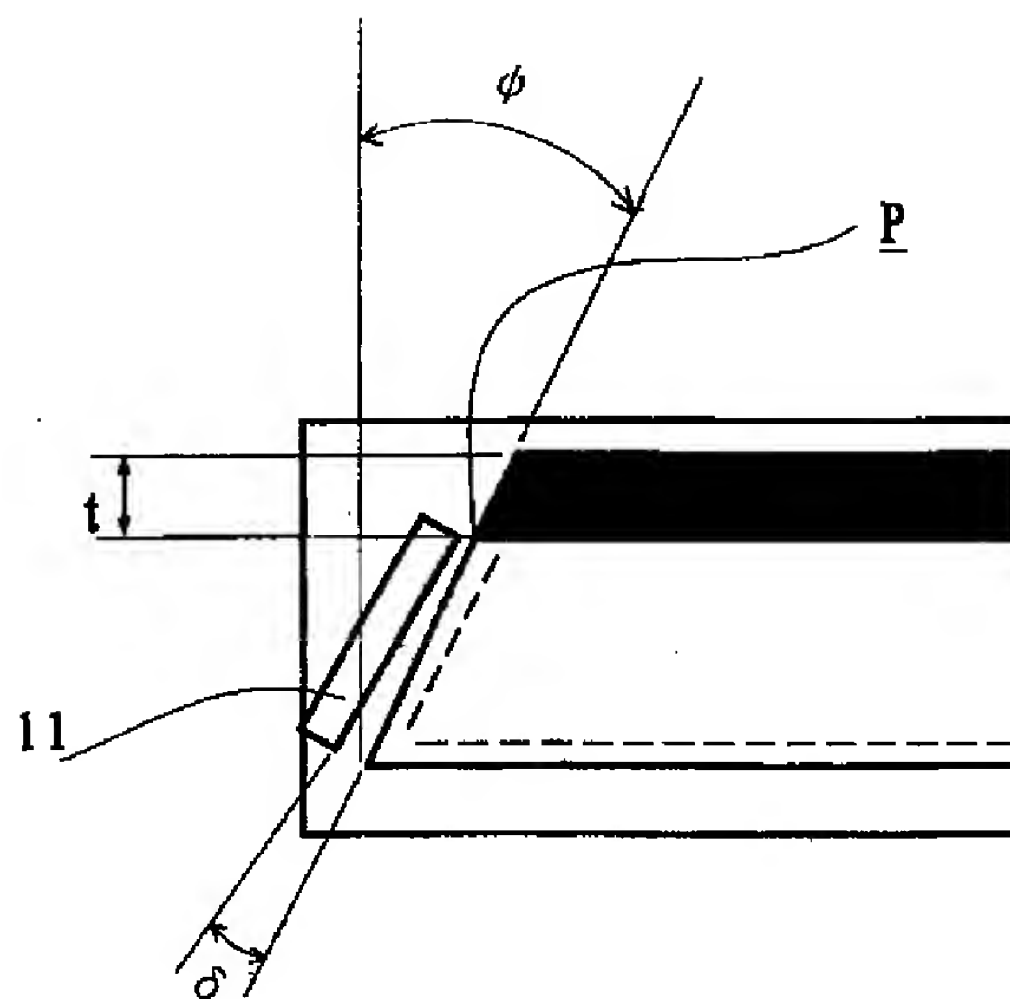
【図 4】



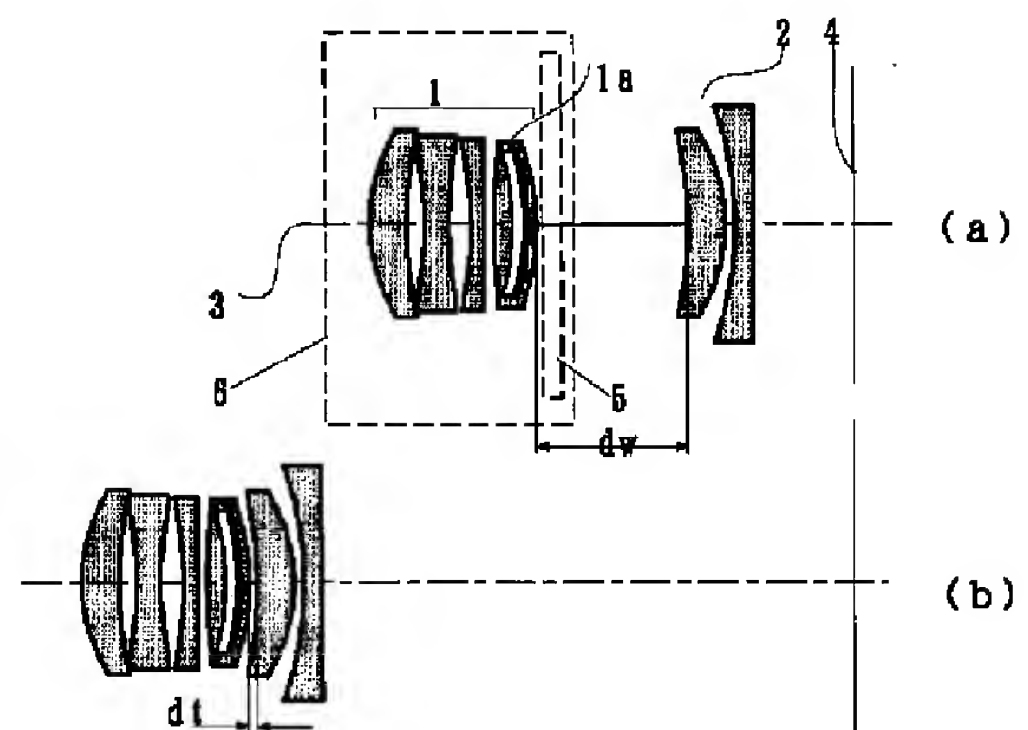
【図 2】



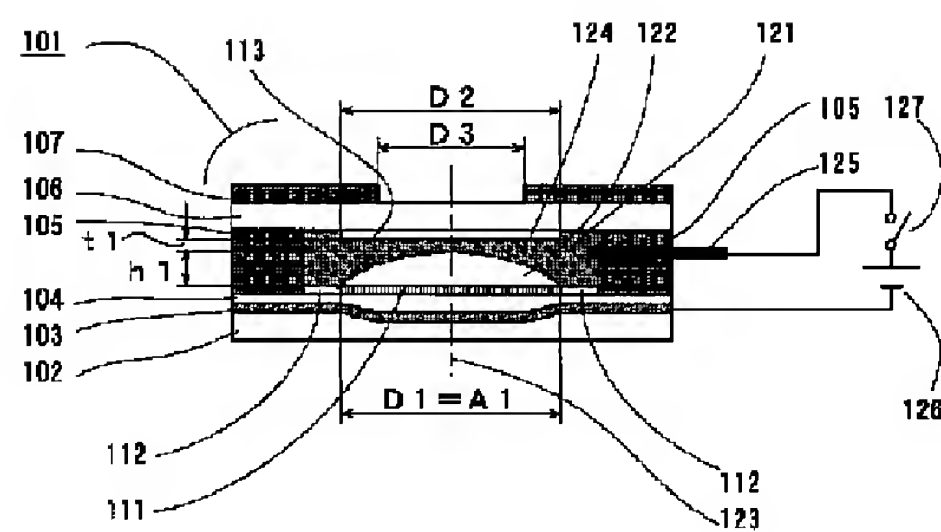
【図 3】



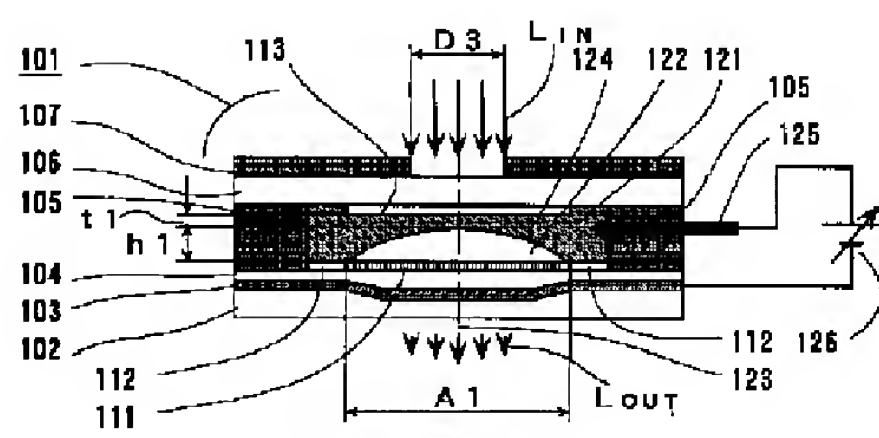
【図 5】



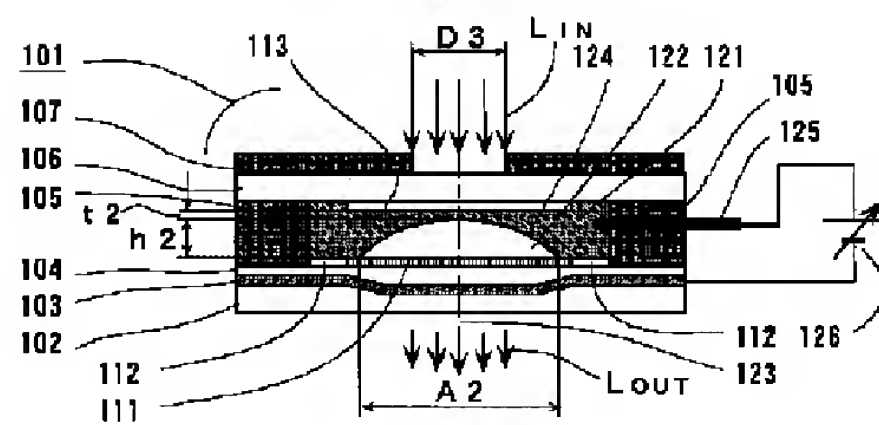
【図6】



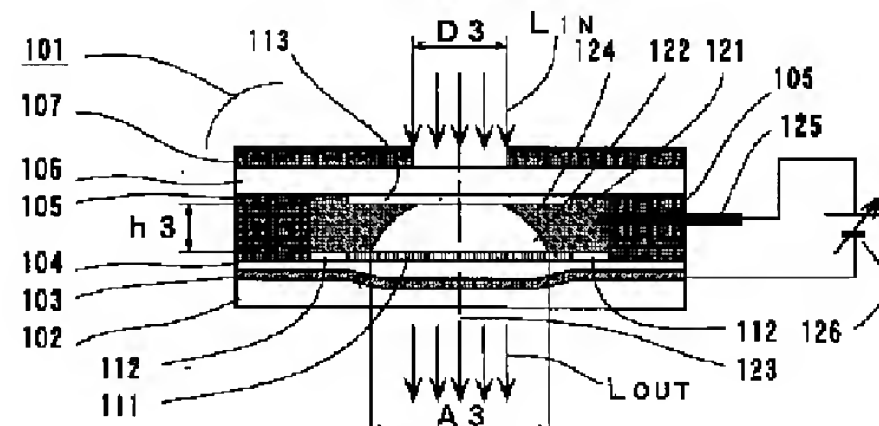
【図8】



(a) 印可電圧 $V=V_1$

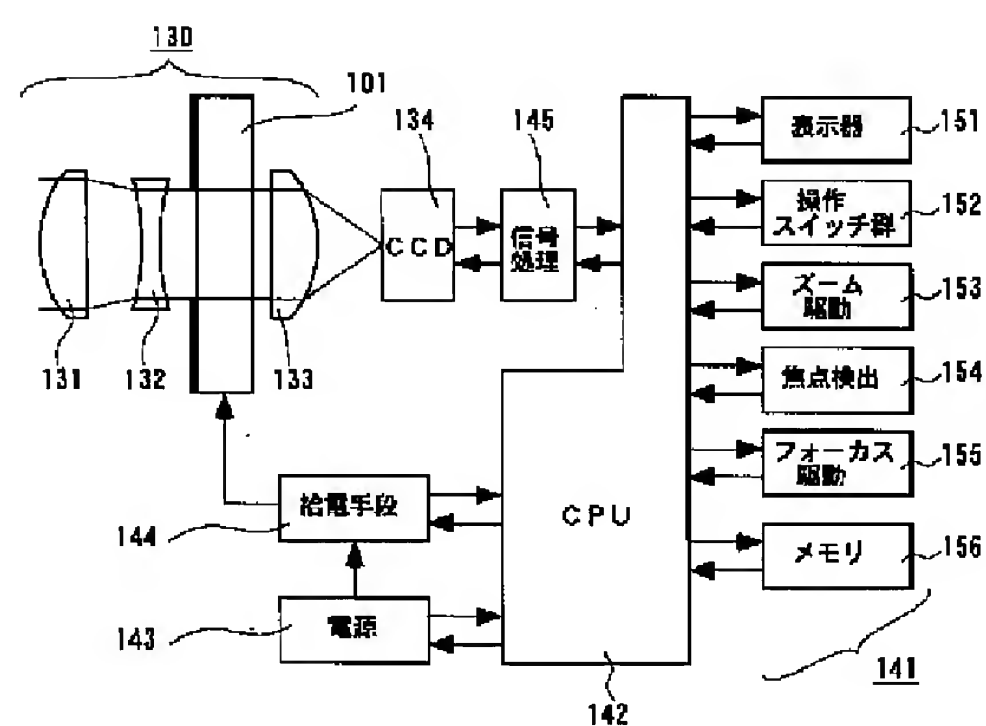


(b) 印可電圧 $V=V_2$

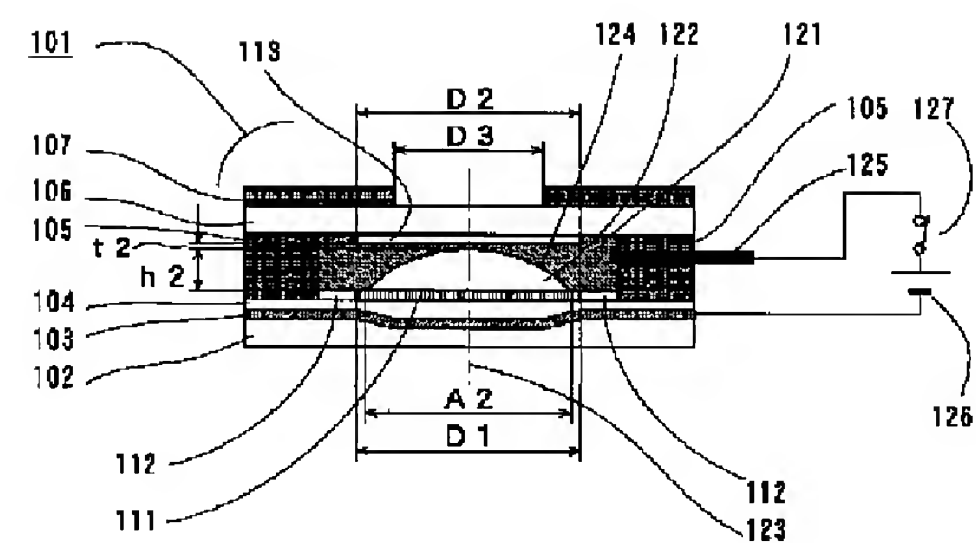


(c) 印可電圧 $V=V_3$

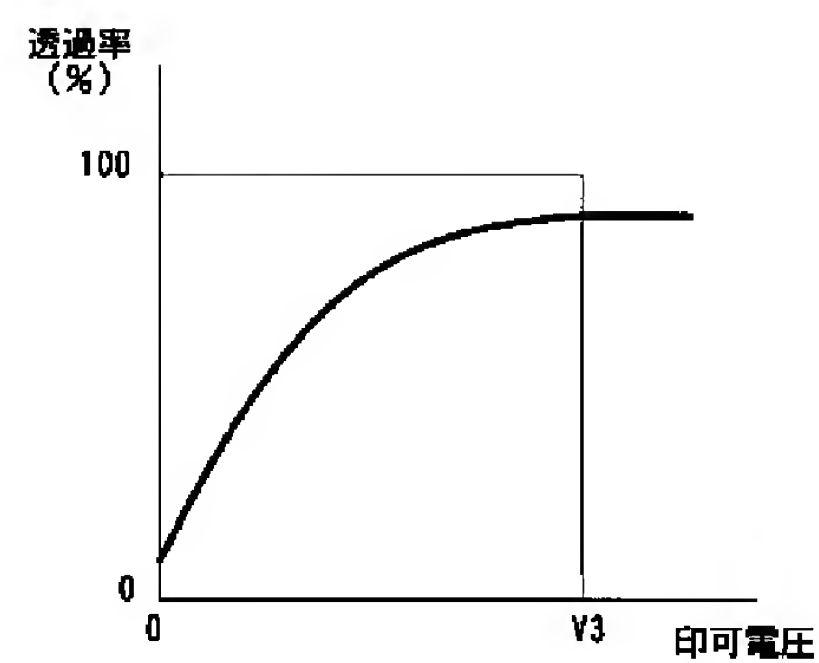
【図10】



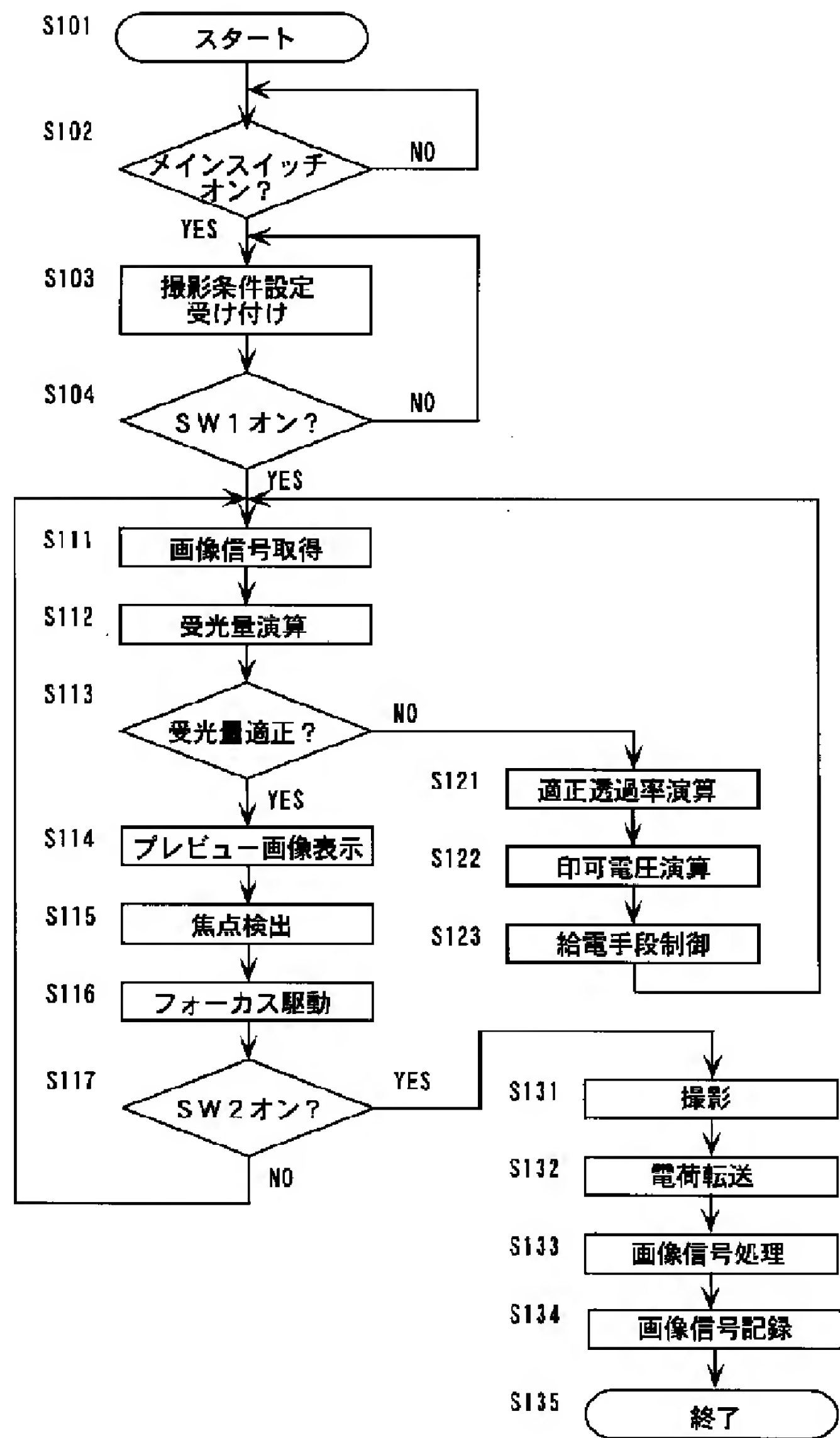
【図7】



【図9】



【図 1 1】



フロントページの続き

(72) 発明者 能登 悟郎
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤ
ノン株式会社内
(72) 発明者 川浪 英利子
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

F ターム(参考) 2H042 AA01 AA03 AA11 AA22
2H080 AA03 AA50 AA51 BB25 CC02
CC13
2H081 AA71 AA74 BB11 BB37 CC03
DD02 DD19